UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

HOUARI BOUMEDIENE

FACULTE DE PHYSIQUE

1 er ANNE PG ENERGETIQUE

ET MECANIQUE DES FLUIDES



Exposé sur:

Les turbines à gaz

Binôme :

YASSAAD Billal

AMIRI Djamel

1.introduction :

Le rôle des turbines à gaz, dans la production d’électricité, de l’industrie pétrolière et dans les réacteurs à neutrons rapides refroidis en utilisant l’hélium comme fluide caloporteur a pris une attention particulière ces dernières années. Les turbines à gaz sont des groupes de force dont l’utilisation dans l’industrie des hydrocarbures est très répandue, compte tenu des puissances unitaires développées élevées, à de faciles adaptations, à des régimes variables des processus d’exploitation et à de modes de démontage en blocs qui permettent des périodes de fonctionnement entre réparations de plus en plus élargies.
Malgré ces avantages, leur haute sensibilité à l’influence de la température de l’air ambiant qui varie considérablement entre le jour et la nuit, l’été et l’hiver, fait que le rendement thermique d’exploitation de ces machines se trouve affecté.
Actuellement pour solutionner le problème, on procède lors du projet, compte tenu des régions d’exploitation au surdimensionnement systématique des groupes d’entraînement par rapport aux machines entraînées. Ce moyen certes assez fiable est loin d’être économique compte tenu des prix élevés de ces machines et du nombre d’installations en exploitation. Le cycle d’une turbine à gaz est un cycle très souple de sorte que ses paramètres de performance, c’est-à-dire le rendement et le travail net spécifique, puissent être améliorés en ajoutant les composants supplémentaires à un cycle simple.

2.Description générale et principe de fonctionnement :

nous commencerons par présenter brièvement le fonctionnement d'une turbine à gaz, l'un des moteurs dont le principe est le plus simple. Cette manière de faire nous permettra d'entrer dans le vif du sujet en introduisant un certain nombre de notions nécessaires pour l'étude des technologies énergétiques : les fluides mis en jeu, les transformations qu'ils subissent et les composants correspondants, enfin les assemblages de ces composants. Elle montrera la pertinence d'une double démarche méthodologique. La turbine à gaz, aussi appelée turbine
à combustion, est une machine thermique qui connaît actuellement
une grande vogue, compte tenu de ses excellentes performances (rendement supérieur à 35 % utilisée seule, et à 55 % en cycle combiné).Dans sa forme la plus simple et la plus répandue (figure 1.1.1), cette machine est composée de trois éléments :
• un compresseur, généralement centrifuge ou axial, qui sert à comprimer l'air ambiant à une pression comprise dans les machines modernes entre 10 et 30 bars environ ;
• une chambre de combustion, dans laquelle un combustible injecté sous pression est brûlé avec l'air préalablement comprimé (ce dernier en fort excès afin de limiter la température des gaz brûlés en entrée de la turbine) ;
• une turbine, généralement axiale, dans laquelle sont détendus les gaz à haute

température sortant de la chambre de combustion. Une partie significative (60 à 70 %) du travail récupéré sur l'arbre de la turbine sert à entraîner le compresseur. Sous cette forme, la turbine à gaz constitue un moteur à combustion interne à flux continu. On notera que le terme de turbine à gaz provient de l'état du fluide thermodynamique, qui reste toujours gazeux, et non du combustible utilisé, qui peut être aussi bien gazeux que liquide (les turbines à gaz utilisent généralement du gaz naturel ou des distillats légers).
Cet exemple très simple n'est pas représentatif, loin s'en faut, du fonctionnement de tous les moteurs thermiques. Il permet toutefois de se faire une première idée de la complexité des phénomènes qui y prennent place, et donc des connaissances nécessaires pour les calculer :

• des couplages existent entre les différents organes constitutifs de la machine. Ils proviennent d'une part des fluides qui les traversent, et d'autre part de la liaison mécanique entre les arbres du compresseur et de la turbine ;
• les fluides thermodynamiques sont ici des mélanges gazeux : dans un premier *Figure 1* temps de l'air et du combustible, puis des gaz de combustion. Ils peuvent être dans chaque cas considérés comme des gaz idéaux, dont les propriétés thermodynamiques énergétiques dépendent seulement de la température ;
• dans d'autres moteurs, comme les centrales à vapeur, le fluide thermodynamique passe alternativement de l'état de liquide à celui de vapeur.
Les modèles de gaz idéaux ne sont alors plus suffisants, et doivent être remplacés par des modèles de fluides réels beaucoup plus complexes, les propriétés énergétiques faisant intervenir à la fois la pression et la température ;
• les phases de compression et de détente ont une importance décisive dans le fonctionnement du moteur, car c'est alors que prennent place les conversions d'énergie entre le fluide et l'arbre moteur ;
• la réaction de combustion correspond à des phénomènes extrêmement complexes, actuellement encore imparfaitement connus, mais qui peuvent toutefois être approchés par différentes méthodes, qui permettent de calculer les énergies mises en jeu et de se faire une idée de l'origine des émissions de polluants ;
• enfin, les fluides de travail parcourent les différents organes du moteur, et la compréhension des conditions de leur écoulement fait appel à des notions évoluées de mécanique des fluides (qui ne seront pas abordées dans ce livre).

A l’instar de la turbine à gaz, les technologies énergétiques se présentent comme des assemblages de composants traversés par des fluides thermodynamiques qui y subissent des transformations de complexité variable. Dans certains cas, comme par exemple dans un moteur alternatif diesel ou à essence, le même organe (ensemble cylindre et piston) est amené à jouer successivement le rôle de compresseur, de chambre de combustion puis d'organe de détente.
En résumé, l'étude d'une technologie énergétique comme la turbine à gaz se heurte àune double difficulté :

• les fluides qui traversent ses différents composants suivent des lois de comportement relativement complexes et y subissent des transformations élémentaires dont l'analyse peut se révéler délicate (lois non linéaires, combustions, etc.) ;
• ses composants sont couplés entre eux, de telle sorte qu'ils ne peuvent être calculés indépendamment les uns des autres.

On notera toutefois que dans l'exemple présenté les connexions entre les composants sont très simples : la sortie du compresseur correspond à l'entrée de la chambre de combustion, et la sortie de cette dernière à l'entrée de la turbine. Cette simplicité du réseau des interconnexions est générale et suggère d'adopter une double démarche dans l'étude des technologies énergétiques, en séparant d'une part la description du réseau des interconnexions entre les composants et d'autre part l'analyse du comportement interne de ceux-ci. Cette manière de procéder présente de nombreux avantages comme on le verra dans la suite de cet ouvrage.

Alors que traditionnellement on considère la thermodynamique comme une matière ardue et l'étude des technologies énergétiques comme difficile, on simplifie grandement les choses si on commence par dissocier la représentation globale du système, généralement assez simple, de l'étude de ses différents composants considérés individuellement. La représentation d'ensemble se révèle très utile sur le plan qualitatif : elle est visuelle et permet de bien comprendre le rôle joué par chaque composant dans le système complet. Sur le plan didactique, elle est essentielle pour bien assimiler les principes de conception de ces technologies. Une fois que l'on a bien à l'esprit la structure interne d'un moteur ou d'un appareil frigorifique, l'étude du comportement de l'un de ses composants est facilitée parce que l'on comprend comment il s'insère dans le tout et quelle est sa contribution au fonctionnement global.

Si l'on dispose d'un environnement graphique approprié comme celui qui sera présenté un peu plus loin, la structure interne du système peut être décrite très facilement. On obtient ainsi une représentation qualitative, très parlante pour l'ingénieur, qu'il ne reste plus ensuite qu'à quantifier en paramétrant les propriétés thermodynamiques des différents composants puis en les calculant.

Au cours des dernières années, du fait du développement des technologies de l'information, la manière dont l'ingénieur mobilise ses connaissances scientifiques a beaucoup évolué. Le temps où il repartait des équations fondamentales et où il les résolvait lui-même est maintenant assez largement révolu.

De plus en plus, il a recours à des modèles qui encapsulent les équations dont il a besoin, et il les met en oeuvre dans des environnements de modélisation destinés à faciliter leur assemblage. La modélisation jouant ainsi un rôle croissant dans son activité, il importe qu'il soit capable de choisir avec discernement les modèles qu'il utilise et pour cela qu'il sache bien en évaluer les limites. Le développement d'une solide culture en matière de modélisation devrait donc de plus en plus s'imposer

comme une nécessité incontournable dans la formation des ingénieurs. Au-delà de la résolution immédiate d'un problème donné, la modélisation, si elle se veut efficace, doit être économique, sûre et réutilisable. Sur la base des travaux menés dans ce domaine depuis quelques décennies, il apparaît que ceci implique qu'elle soit modulaire (on remarquera que l'étymologie des deux mots est la même), et que l'assemblage de modèles complexes soit facilité par des outils appropriés : les environnements de modélisation. Un environnement de modélisation des technologies énergétiques doit si possible permettre de combiner une démarche systémique pour la modélisation globale, et une démarche analytique ou empirique classique pour l'élaboration des modèles de composants. Ces deux démarches, souvent présentées comme antinomiques, se révèlent en effet très complémentaires pour modéliser certains systèmes techniques.
Il faut pour cela :
• d'une part identifier l'ensemble des concepts élémentaires qui sont nécessaires pour résoudre une classe de problèmes donnée. Ceci pose la question de la généricité : comment, à partir d'un petit nombre de types primitifs élémentaires, pouvoir générer un grand nombre de cas, quelles sont les fonctionnalités de base qui doivent être disponibles, etc. La réponse à cette question relève essentiellement de la modélisation systémique ;
• d'autre part, les types primitifs étant identifiés, établir les modèles correspondants. L'approche est ici essentiellement analytique ou empirique, les connexions et interrelations entre les modules étant assurées par des variables de couplage bien choisies. Un bon environnement de modélisation est ainsi constitué d'une part d'un ensemble de types primitifs, formant une base suffisante pour permettre la génération du plus grand nombre de projets possibles, et d'autre part d'une interface permettant d'associer facilement entre eux ces types primitifs pour représenter les objets étudiés, et présentant des fonctionnalités complémentaires, notamment en matière d'archivage.

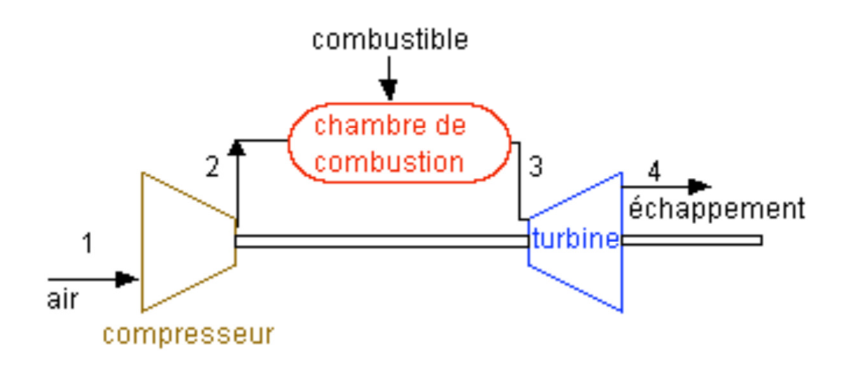


Fig1 :turbine a gaz

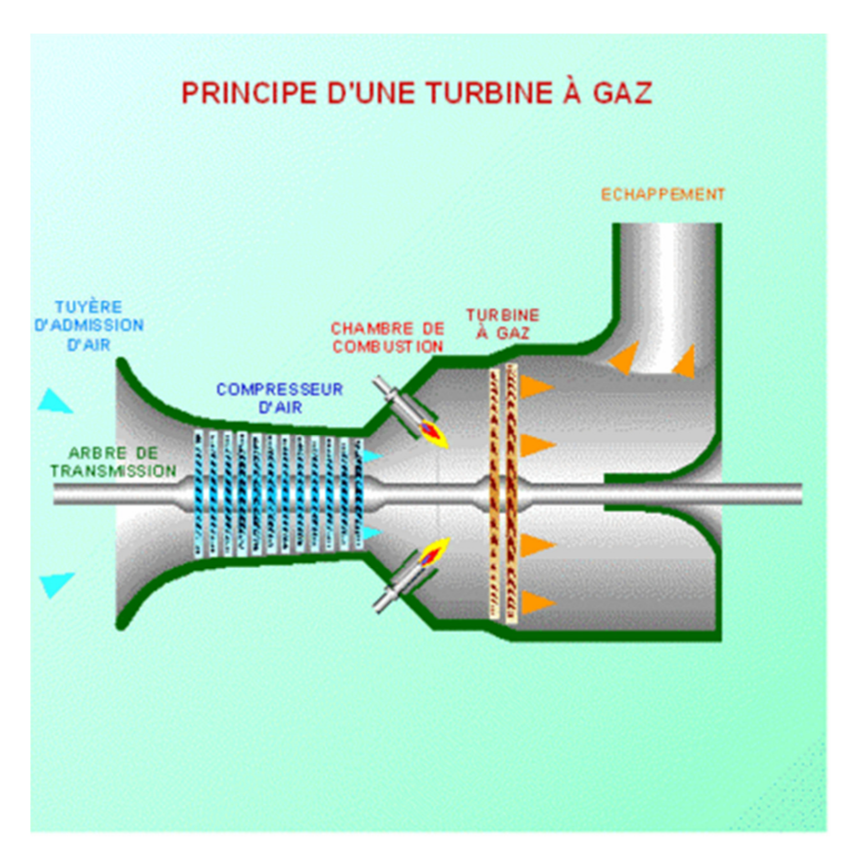


Fig 2 : Schéma de fonctionnement d'une turbine à gaz à compresseur axial

3.Rendement :

Le rendement faible de la turbine à gaz (25 à 35 %) est dû au fait que, comme dans un moteur à pistons, une partie de l'énergie fournie par le combustible est nécessaire pour entraîner le compresseur et une autre perdue sous forme de chaleur dans les gaz d'échappement. Il est possible d'améliorer légèrement le rendement en augmentant la température dans la chambre de combustion (plus de 1 200 °C) mais

on se heurte au problème de tenue des matériaux utilisés pour la réalisation de la partie turbine. C'est en récupérant la chaleur des gaz d'échappement (chauffage, production de vapeur...) que le rendement global de la machine peut dépasser 50 %. On utilise alors la chaleur des gaz d'échappement (plus de 500 degrés) pour produire de la vapeur dans une chaudière. Une autre possibilité d'augmenter le rendement de la turbine, est de réchauffer les gaz en sortie des étages de compression (avant les chambres de combustion) en les faisant passer dans un échangeur situé dans le flux des gaz d'échappement. On arrive ainsi à se rapprocher des rendements d'un moteur diesel semi rapide. C'est par exemple le principe de fonctionnement de la turbine WR21 de Rolls-Royce.

La vapeur produite est ensuite utilisée de deux manières :

- la centrale à *cycle combiné* où une turbine à vapeur complète la turbine à gaz pour actionner un alternateur, le rendement global atteint alors 55 % voire 60 % dans les dernières centrales à l'étude.
- la cogénération où la vapeur produite est utilisée dans un autre domaine (papeterie ...)

On fabrique des turbines à gaz de puissance unitaire allant de quelques kilowatts à plusieurs centaines de mégawatts.

4.Réalisation pratique :

La phase de compression est réalisée par un compresseur d’air axial ou centrifuge. Le travail de compression peut être réduit par pulvérisation d’eau à l’admission. L’air comprimé est réparti en trois flux :

- une alimentation stœchiométrique vers le brûleur alimenté en carburant ;
- un flux refroidissant la paroi de la chambre de combustion et mélangé aux produits de combustion du brûleur ;
- un flux destiné au refroidissement de la turbine.

Contrairement au moteur à piston, la combustion d'une turbine a gaz est continue et il faut donc limiter la température à une valeur acceptable pour les matériaux par un large excès d’air 1 300 °C en nominal avec 2 000 °C en courte pointe). Ceci est très pénalisant pour le rendement qui est maximum vers 4 500 °C (le même problème existe pour les moteurs à pistons).

Il existe des machines utilisant une injection de vapeur dans les produits de combustion à l' entrée de la turbine pour augmenter le débit et donc la puissance de

celle-ci. La vapeur est produite par une chaudière de récupération chauffée par l'échappement. Il s'agit en fait d'un cycle combiné simplifié.

La turbine généralement de type axial comprend un ou plusieurs étages de détente. Contrairement aux turbines à vapeur, il s'agit toujours de turbines à réaction. Deux grands types de turbines à gaz sont à distinguer :

- simple arbre : le compresseur et l'ensemble des étages de détente sont regroupés sur le même arbre entrainant également l'organe récepteur ;
- double arbre : le compresseur est sur le même arbre que les étages de turbine strictement nécessaires à son entraînement, les autres étages de turbine étant groupés sur un second arbre solidaire de la machine entrainée.

La seconde disposition plus complexe permet un meilleur fonctionnement à charge partielle et variable ce qui est le cas des moteurs destinés à la propulsion. Les turbines à simple arbre sont adaptées à la production électrique qui se fait à régime constant et charge plus élevée.

La réalisation de la turbine et notamment le premier étage, situé derrière le système de combustion, pose des problèmes métallurgiques liés à la température élevée et aux contraintes dues à la détente et à la force centrifuge s'exerçant sur les aubages mobiles. Elle nécessite l'emploi d'aciers fortement alliés (Cr-Ni-Va) et un refroidissement énergique par de l'air de charge prélevé sur le compresseur. L'utilisation de matériaux céramiques et de monocristaux est à l'étude pour permettre d'augmenter la température.

5.Les Avantages et les inconvénient :

5.1.les avantages

Bien que théoriquement supérieure au moteur Diesel, la turbine à gaz présente de sévères limitations dues aux contraintes techniques de sa réalisation. Ces principales limites sont les suivantes :

- taux de compression (et donc rendement) limité par le nombre d'étages de compression nécessaires, mais les machines "heavy duty" récentes dépassent maintenant un taux de compression de 19 ;
- baisse importante de rendement des compresseurs centrifuges à une vitesse de rotation plus faible que la vitesse nominale ;
- température de combustion (et donc rendement) limitée par la résistance mécanique des aubages fixes et mobiles de la turbine ;
- chute importante du rendement à charge partielle en particulier pour les machines à simple arbre ;

- coût d’usinage des aubages notamment de la turbine ;*
- la plupart des turbines à gaz ne peuvent pas brûler de fioul lourd contrairement au moteur Diesel ; elles utilisent alors du gaz naturel, du biogaz ou de torchère ou du gasoil. Toutefois, les turbines à gaz *heavy duty* peuvent brûler du fioul lourd voire du pétrole brut (crude oil) ; ceci peut nécessiter le réchauffage du carburant afin d'en diminuer la viscosité pour permettre sa pulvérisation correcte dans les injecteurs ; certains fiouls lourds nécessitent l'injection d'inhibiteur pour réduire les effets néfastes du vanadium.

Les avantages inhérents à ce type de machine sont les suivants :

- puissance massique et volumique très élevée ;
- possibilité de démarrage, prise et variation de charge 0 à 100 % très rapidement ; à titre d'exemple, une machine "heavy duty" de 300 MW installée en France dans les années 1990 dans la région parisienne peut arriver à vitesse nominale en 6 minutes après l'ordre de démarrage, prendre les premiers 150 MW en quelques secondes, et les 150 MW restants en 6 minutes ;
- simplicité apparente de construction (un rotor dans un carter et un brûleur) et équilibrage (peu de vibrations) ;
- pollution limitée en HC et NOx du fait du contrôle de l'excès d’air et de la température limitée ;
- aptitude à la récupération de chaleur (cogénération) ;
- coûts de maintenance inférieurs aux moteurs pistons ;
- longévité en marche stationnaire ;
- aptitude potentielle à utiliser des combustibles liquides ou gazeux variés et de moindre qualité (gaz pauvre) ;
- meilleure aptitude aux arrêts et démarrages fréquents que les turbines à vapeur ;
- peu de génie civil nécessaire pour sa mise en œuvre, et facilité de transport en colis standardisés pour les machines de puissance unitaire inférieure à 100 MW.
- facilité de standardiser les composants "nobles" (aubages fixes et mobiles), ce qui permet de construire les machines en avance sans connaître les conditions finales d'utilisation sur site ;
- possibilité d'entraîner des machines (pompes ou compresseurs) à vitesse variable sans grande perte de rendement pour les machines "deux arbres", ce qui permet l'utilisation dans les lignes d'oléoducs ou de gazoducs.

Les applications des turbines à gaz découlent directement de leurs avantages spécifiques. Ainsi, la puissance massique élevée se prête bien à la propulsion aéronautique en particulier sur les avions (turboréacteurs et turbopropulseurs) et les hélicoptères. La propulsion navale fait également de plus en plus appel aux turbines à gaz notamment pour les navires à grande vitesse. Il existe enfin des exemples d’applications à la propulsion ferroviaire ETG et RTG de la SNCF 1972/2004 et à des véhicules militaires comme des chars d’assaut (XM-1 Abrams ou Leclerc).

Par contre, la turbine à gaz est mal adaptée aux véhicules routiers. En effet, les variations de charge et de régime sont trop importantes et trop rapides pour être réalisables avec un rendement correct. De plus, le rendement atteint difficilement 30 % pour des moteurs compacts et de faible puissance alors que les Diesel actuels dépassent 40 %. Par contre, elles pourraient trouver un regain d'intérêt pour les chaines de propulsion hybrides en particulier sur les poids lourds, où l'installation des échangeurs (notamment récupérateur sur échappement) est moins problématique.

L'autre grand domaine d'emploi des turbines à gaz est la production d'électricité. En effet, il s'agit d'applications à vitesse de rotation constante et soit à charge relativement constante pour lesquelles le rendement de ces machines est le meilleur pour les machines utilisées en régime dit "de base", soit au contraire à charge très variable pour les machines utilisées en secours de réseaux et pour lesquelles la sécurité du réseau est plus importante que le rendement. La puissance varie de quelques centaines de kW à plus de 300 MW. Les machines les plus puissantes sont en général associées à des turbines à vapeur dans des cycles combinés, ce qui fait que le rendement global tend actuellement vers 60 %. En cycle simple, le rendement est de l'ordre de 30 à 35 % voire plus pour les grosses machines. Dans les faibles puissances, le rendement est même inférieur à 30 % mais on met alors à profit l'aptitude des turbines à combustion pour la récupération de chaleur dans des applications de cogénération (production simultanée d'électricité et de chaleur).

5.2.les inconvénient :

L'un des inconvénients des turbine a gaz est l'emploi obligatoire du système bielle-manivelle et d'un volant ainsi que le fonctionnement discontinu inévitable… ce qui rend impossible la grande concentration de puissance. Les turbines à gaz sont caractérisées par un grand rendement avec tous les avantages des moteurs rotatifs. Cependant les limites théoriques de résistance thermique limitent leur emplois (700 °C max.).

6.Des exemples sur les turbines a gaz :

6.1.Turbocompresseur :

Le terme turbocompresseur a deux significations :

1. un compresseur (centrifuge en général) entraîné par une turbine (à gaz en général) ;
2. une turbine entraînée par les gaz d'échappement qui comprime de l'air pour l'injecter dans le moteur (appelé couramment « turbo » dans le domaine automobile).

Le turbo désigne une turbine actionnée par les gaz d'échappement d'un moteur à pistons et dont le travail sert à comprimer l'air admis dans le moteur. Ce dispositif représente une amélioration importante du moteur classique notamment sur les points suivants :

- augmentation de la puissance massique et volumique par une puissance supérieure à cylindrée égale. Afin de maximiser cet effet, il est nécessaire de refroidir l'air comprimé par un échangeur (*intercooler*) ;
- suppression de l'inconvénient de la détente écourtée des cycles Otto et Diesel d'où amélioration de rendement. L'amélioration du rendement est très limitée sur les moteurs à essence car les risques d'auto-inflammation (cliquetis) imposent de réduire sensiblement le taux de compression du moteur proprement dit, d'où une perte de rendement.

Le moteur turbocompressé combine donc un moteur à pistons et une turbine à gaz, les deux étant liés par une chambre de combustion commune. Il permet de concilier les avantages des deux types de moteurs tout en réduisant leurs inconvénients respectifs, en particulier pour les cycles Diesel. Ceci explique la généralisation actuelle de cette technique.

Le problème majeur du turbocompresseur est le même que les autres turbines à gaz, à savoir la gestion de la marche à faible charge ou en régime transitoire. Il est en grande partie résolu au XXIe siècle par les turbocompresseurs dits « à géométrie variable » munis d'aubages fixes à Incidence variable.



Fig3 :un Turbocompresseur

6.2Moteur

L'industrie pétrolière utilise des turbines à gaz pour entraîner des pompes et compresseurs pour les pipelines.



Fig4 : moteur à explosion

7.Production d'électricité :

La turbine à gaz de grande puissance (> 1 MW) est surtout utilisée pour entraîner un alternateur et produire de l'électricité. Les infrastructures et le génie civil nécessaires pour une centrale électrique équipée de turbines à gaz sont réduits, ce qui permet d'installer en quelques mois une centrale tout près du lieu d'utilisation de l'électricité (ville, usine) ou de la source de combustible (port, forage, raffinerie...). Turbine et alternateur sont acheminés sous formes de modules compacts et complets qu'il suffit d'assembler et de raccorder aux réseaux dans des climats où la température extérieure peut aller de -40 à +50 °C. Un des avantages des centrales à turbine à gaz est le temps réduit pour la mise en œuvre, le gestionnaire d'un réseau de distribution électrique peut ainsi moduler facilement la capacité de production pour s'adapter aux variations de la consommation.

L'installation d'un groupe électrogène à turbine à gaz peut s'accompagner d'une installation en cogénération, afin de récupérer les quantités importantes d'énergie (environ 65 % de l'énergie consommée) contenues dans les gaz d'échappement. La principale application de ce type consiste à injecter ces gaz, éventuellement après passage dans un tunnel de postcombustion, dans une chaudière de récupération, avec production d'eau chaude ou de vapeur.



Fig5 : centrale turbine à gaz

7.1.centrale turbine a gaz HAMMA II :

La centrale HAMMA II est constituée de deux lots qui se décomposent comme suit :



LOT N°01 : Centrale de production d'énergie électrique dont la puissance, borne usine, totale aux conditions du site est égale à 420 MW et composée principalement de deux turbines à gaz



LOT N°02 : Poste à encombrement réduit 220 KV composé de dix (10) Travées, permettant un gain de superficie appréciable, soit 140 fois plus petit qu'un poste classique équivalent.

La centrale ainsi que le poste sont installés sur un terrain situé dans le quartier HAMMA dans le centre d'Alger.

Le terrain disponible pour l'implantation du projet HAMMA II a une superficie de l'ordre de 1.5 Ha.
Il est délimité :

- Au Nord par la voie de chemin de fer (Côté Avenue de l'ALN).
- Au Sud par la rue Hassiba BEN BOUALI.
- A l'Est par l'unité ASMIDAL.

L'accès s'effectue au Sud par la rue Hassiba BEN BOUALI.

7.1.1.Fiche technique la centrale :

- PUISSANCE, BORNES USINE, TOTALE AUX CONDITIONS ISO : 420 MW

(CONTROLE, SUPERVISION, CONDUITE , SURVEILLANCE ET ARCHIVAGE DU PROCESSUS) , LES FONCTIONS DE SECURITE (PROTECTIONS) ET LES FONCTIONS DE REGULATION TURBINE.

- PUISSANCE NOMINALE DE LA TG :
  - ISO (T°= 15 °C, HUMUDITE = 60% & PRESSION = 1 BAR) : **229.3MW**
- CONSOMMATION SPECIFIQUE : **0.23 M≥ GN/kWh**.
- TENSION SORTIE ALTERNATEUR : **15.75 KV**
- PUISSANCE ALTERNATEUR : **270 MVA**
- PUISSSANCE TRANSFORMATEURS : **260MVA**
- TENSION D'EVACUATION : **220 KV**
- POSTE GAZ (SOLUTION DEFINITIVE) :
  - PRESSION D'ENTREE : **46-71 BARS**
  - PRESSION DE SORTIE : **25-33 BARS**
  - NOMBRE DE LIGNES : **DEUX (02)LIGNES**
  - DEBIT DE GAZ PAR LIGNE : **50 000 NM≥/H**

- POSTE GAZ (SOLUTION PROVISOIRE) :
  - PRESSION D’ENTREE : **35-40 BARS**

8.Pollution :

Des efforts importants ont été entrepris par les constructeurs pour limiter la pollution de l'air par les turbines à gaz, en particulier en réduisant les rejets d'oxyde d'azote (NO_x). L'utilisation de gaz naturel permet une émission faible de dioxydes de soufre (SO_2) et de monoxyde de carbone (CO). Les modèles peu polluants sont surtout installés par les pays développés tandis que les turbines à gaz de conception moins sophistiquée et de prix moins élevé sont préférées par les pays en voie de développement.

9.Conclusion :

La turbine à gaz contribue dans une large mesure aux motorisations actuelles. Leur avantage de légèreté en impose l’usage dans l’aéronautique, tandis que dans le domaine des fortes puissances (production d’électricité) elles se démarquent par leur adaptation à des cycles combinés ou de cogénérations très performantes. Les moteurs à explosion eux ont leur puissance limitée à environ 10 MW pour des raisons de masse et d’encombrement.